Environnement Canada | Environment Canada
Service canadien des forêts | Canadian Forestry Service

issn-0704-772x

INTERACTIONS DE BACILLUS THURINGIENSIS VAR. KURSTAKI AVEC CERTAINS ÉMULSIFIANTS, SOLVANTS ET UN INSECTICIDE ORGANOPHOSPHORÉ

Oswald N. Morris

INSTITUT POUR LA RÉPRESSION DES RAVAGEURS FORESTIERS
Service Canadien Des Forêts
Sault Ste. Marie, Ontario
JANVIER 1981

canusa

Canada

RAPPORT FPM-X-44

88-01071/

PROGRAMME DE L'INSTITUT POUR LA REPRESSION DES RAVAGEURS FORESTIERS

CREATION ET PRODUCTION DES PRODUITS ANTIPARASITAIRES

PRODUITS CHIMIQUES MODIFIANT LE COMPORTEMENT ET LA CROISSANCE
- Phéromones
- Régularisateurs de croissance
- Manipulation génétique

PATHOGENES NATURELS
- Bactéries
- Champignons
- Protozoaires
- Virus

INSECTICIDES CHIMIQUES
- Toxicologie par contact, par ingestion, endothérapique, résiduelle
- Phytotoxicité
- Toxicité relative pour les organismes non visés
- Aquisition des résistance

CREATION DE TECHNIQUES D'APPLICATION PERMETTANT D'OPTIMISER LA LUTTE CONTRE CERTAINS RAVAGEURS

TECHNIQUES D'APPLICATION ET EFFICACITE SUR LE TERRAIN
- Formulations
- Spectre de gouttelettes
- Matériel de pulvérisation
- Systèmes de transmission et aéronefs
- Systèmes d'orientation
- Paramètres d'application conditions météorologique

Optimisation de la lutte antiparasitaires

RECHERCHES FONDAMENTALE ET APPLIQUEE

DETERMINATION DES REPERCUSSIONS SUR L'ENVIRONNEMENT

CONTROLES
- Oiseaux
- Mammifères
- Poissons et autres animaux
- Pollinisieurs et autres insectes utiles
- Rémanence
- Produits et modes de dégradation
- Techniques de détection et d'évaluation

PARTICIPATION ACTIVE A L'HOMOLOGATION ET A L'ELABORATION DE LIGNES DIRECTRICES ET DE NORMES D'EMPLOI

HOMOLOGATION POUR L'UTILISATION DANS LES FORETS DU CANADA

Relations etroites avec les ministères de l'Agriculture, de la Santé nationale et du Bien-etre social, le CNR, etc.

Loi sur les produits aniparasitaires

ORGANISMES DE REGLEMENTATION ET DE CONSULTATION

LIGNES DIRECTRICES ET NORMES POUR L'UTILISATION DANS LES FORETS

Comité fédéral interministeriel sur les pesticides, lois sur les contaminants de l'environnement, sur les pêcheries, sur la Convention concernant les oiseaux migrateurs, etc.

DIFFUSION DES CONNAISSANCES TECHNIQUES

COMMUNICATIONS DES SYSTEMES ET DES METHODES DE REPRESSION AUX GESTLONNAIRES DES FORETS

STRATAGIES DE REPRESSION EFFICACES, RENTABLES ET SANS DANGEUR POUR L'ENVIRONNEMENT

INTERACTIONS DE BACILLUS THURINGIENSIS VAR. KURSTAKI AVEC CERTAINS ÉMULSIFIANTS, SOLVANTS ET UN INSECTICIDE ORGANOPHOSPHORÉ

par

OSWALD N. MORRIS

INSTITUT POUR LA RÉPRESSION DES RAVAGEURS FORESTIERS

SAULT STE-MARIE, ONTARIO

RAPPORT FPM-X-44

SERVICE CANADIEN DES FORÊTS

DÉPARTEMENT DE L'ENVIRONNEMENT

JANVIER 1981

On peut obtenir des exemplaires de ce rapport du:

Directeur
Institut pour la répression des ravageurs forestiers
Service canadien des forêts
Département de l'Environnement
C.P. 490, Sault Ste-Marie, Ontario
P6A 5M7

REMERCIEMENTS

Je désire remercier pour leur aide les compagnies McLaughlin Gormley King Co., S.B. Penick Co., Sumitomo Chemical Co., FMC Corp., Chemagro Corp., Atlas Chemical Industries et Chevron Chemical Co. qui m'ont fourni les composés qui ont servi aux expériences.

RÉSUMÉ

La compatibilité de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki (B.t.)* avec 12 émulsifiants, 2 solvants et un insecticide chimique commercial a été étudiée au moyen de l'effet de ces composés sur la germination des spores, la division cellulaire par voie végétative et les réactions physiologiques.

À la concentration de 10^{-6}, 5 additifs (EMCOL AL6940 et N-500B, TOXIMUL - MP8, SPONTO-541 et ATLOX 3409 F) ont notablement réduit la germination des spores. À cette concentration, tous les additifs ont nui à la subdivision cellulaire végétative. Dans la pratique, on devrait donc éviter de mélanger ces 5 additifs avec *B.t.*

D'après les données, 10 000 x 10^{-6} d'acéphate n'ont aucun effet significatif sur plusieurs réactions physiologiques vitales de *B. thuringiensis kurstaki*.

ABSTRACT

The compatibility of *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki (B.t.)* with 12 emulsifiers, 2 solvents and a commercial chemical insecticide were studied by way of their effects on spore germination, vegetative cell replication and physiological reactions.

Five additives, viz. EMCOL AL6940 and N-500B TOXIMUL - MP8, SPONTO-541 and ATLOX 3409 F, at 1 ppm concentration significantly inhibited spore germination. All additives tested at this concentration inhibited vegetative cell replication. Mixtures of these 5 additives with *B.t.* should be avoided in practice.

The data indicate that 10,000 ppm of acephate has no apparent effect, on several key physiological reactions of *B. thuringiensis kurstaki*.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
REMERCIEMENTS	i
RÉSUMÉ	ii
ABSTRACT	ii
INTRODUCTION	1
MATÉRIEL ET MÉTHODES	2
Émulsifiants	2
Acéphate	3
RÉSULTATS ET DISCUSSION	3
Émulsifiants et solvants	3
Acéphate	5
RÉFÉRENCES	6

INTRODUCTION

L'utilisation de mélanges de pathogènes et de faibles concentrations de pesticides chimiques, contre les insectes nuisibles, est une opération qui se justifie lorsque les pathogènes à eux seuls ne protègent pas suffisamment les récoltes. Cette façon de procéder aurait augmenté l'efficacité de *Bacillus thuringiensis* et des virus de la poliédrose nucléaire, au laboratoire et sur le terrain (Benz, 1971; Chen et coll., 1974; Morris, 1975a; Morris et Armstrong, 1975; Morris, 1977 a, b; Vail et coll., 1980 et Jaques et Morris (sous presse)).

Toutefois, avant d'utiliser de tels mélanges, il faut vérifier la compatibilité de ces deux agents. On sait que *B. thuringiensis* est compatible avec certains insecticides, qui n'influent pas sur la germination des spores, la subdivision cellulaire végétative et le cristal parasporal (Sutter et coll., 1971; Altathawy et Abaless, 1972; Morris, 1975B; Roa et Rana, 1977; et Morris, 1977c). Certains pesticides chimiques stimuleraient la croissance de *B. thuringiensis* (Chen et coll., 1974; Morris 1975b; et Roa et Rana, 1977) probablement à cause de la métabolisation de l'insecticide par les bactéries en culture.

Morris (1977c) a trouvé que: (1) Les carbamates étaient moins toxiques pour *B. thuringiensis* que les organophosphorés, les pyréthrines, le chlordiméforme et les dérivés de l'urée; et (2) les préparations toxiques étaient moins nocives pour les bactéries que les poudres mouillables et les concentrés émulsifiables, ce qui signifierait que les émulsifiants et d'autres surfactifs normalement ajoutés aux poudres mouillables et aux concentrés émulsifiables des insecticides chimiques peuvent être bactériocides ou bactériostatiques. D'après des rapports antérieurs (Morris, 1969, 1975b), les additifs Lovo 192, Atlox et Triton X-100 influent sur le taux de sporulation de *B.t.* ainsi que sur la synthèse du cristal et inhibent le métabolisme de l'hexokinase et de l'invertase bactériennes.

Comme *B.t.* est pulvérisé au-dessus des forêts sous forme de suspensions aqueuses, l'ajout de poudres mouillables et de concentrés emulsifiables de pesticides chimiques aux réservoirs est plus simple que l'ajout de concentrés techniques, parce que ces derniers ne sont habituellement pas hydrosolubles. L'objet de la présente étude était de déterminer quels émulsifiants, solvants et surfactifs communément utilisés pour la préparation des poudres mouillables et des concentrés émulsifiables des pesticides chimiques actuellement utilisés pour le traitement des forêts inhibaient le moins la germination et la croissance de *B.t.* et sont ainsi plus compatibles avec cet agent pathogène. L'étude a aussi porté sur l'effet de 10 000 x 10^{-6} d'acéphate® de qualité technique sur les réactions de *B.t.* Cet insecticide était supposément compatible avec *B.t.* pour ce qui est de la germination des spores et la subdivision végétive des cellules (Morris, 1975b; Morris, 1977c).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Émulsifiants

Les émulsifiants retenus (tableau 1) étaient constitutifs des concentrés émulsifiables des insecticides Pyrénone, Sumithion, Pyrocide, SBP 1382, PH-60-40 (difluorobenzuron) et Dylox, et ils représentaient une large gamme de composés chimiques. Un seul lot de Thuricide 16B (*B. thuringiensis* var. *kurstaki*, Sandoz, Inc., Homestead, Floride) a servi pour tous les essais.

Pour une série d'essais préliminaires, tous les adjuvants ont été utilisés à des concentrations de 0 (témoin), 10, 100, 1000, 10 000 et 100 000 x 10^{-6} dans du Thuricide dilué 100 fois dans un bouillon trypticase-soja. Cent ml des cultures de bouillon ont été placés dans des fioles de 250 ml et mis à incuber dans un agitateur à bain d'eau pendant 24 heures à 29°C après quoi on a fait l'examen à l'état frais, en contraste de phase, des cellules végétatives. S'il n'y avait pas de cellules, on a étalé une pleine anse étalonnée (0,01 ml) également sur une surface de gélose trypticase-soja pour déterminer si les additifs avaient tué les spores ou avaient tout simplement retardé leur germination. Les concentrations choisies pour les tests principaux étaient de 1,0 x 10^{-6} et celles pour lesquelles la croissance dans le bouillon n'avait été que légère, ou lorsqu'elle avait été nulle, si une certaine croissance s'était manifestée sur la gélose solide lors du transvasement du boillon. Les concentrations inférieures à celle qui ont été retenues étaient complètement inhibitrices.

Pour les principaux tests, les bactéries ont été cultivées comme ci-dessus, aux concentrations des adjuvants énumérées au tableau 2. Le pH des cultures a été mesuré à 2 et à 24 h de l'incubation. Les pH faibles de certaines cultures sont reconnus pour s'attaquer à l'intégrité physiologique des spores bactériennes (Rode et Foster, 1960).

Après 24 heures d'incubation, quatre frottis de chaque culture ont été étalés sur des lamelles propres puis teints (Smirnoff, 1962). Le nombre de spores, de cristaux et de cellules végétatives a été compté sous immersion d'huile dans 10 champs par lamelle, et on a calculé les rapports spores/cristaux et cellules/ cristaux. Les manipulations ont été répétées quatre fois.

L'hypothèse selon laquelle les rapports du nombre de spores au nombre de cristaux et du nombre de cellules au nombre de cristaux dans une culture contenant un adjuvant donné était semblable à ceux des témoins correspondants sans l'adjuvant a été vérifée par l'épreuve non paramétrique de Mann-Whitney.

Acéphate

Des cultures pures de *B.t.k.* ont été isolées d'un étalon HD-1-S1971 obtenu de H. Dulmage, de l'U.S.D.A. et cultivées sur de la gélose tryptocase-soja. Ces cultures ont servi à l'inoculation du bouillon tryptocase-soja avec et sans 10 000 x 10^{-6} d'acéphate technique (94 % de matière active). Cette concentration d'acéphate s'approche de celle qui est utilisée lors des pulvérisations aériennes de mélanges de *B. thuringiensis* et d'acéphate contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette *Choristoneura fumiferana*. Les cultures ont été mises à incuber dans un agitateur à bain d'eau pendant 6 et 24 h à 30 °C et ont été utilisées pour les tests physiologiques énumérés, conformément au mode opératoire normal.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Émulsifiants et solvants

Aucune cellule végétative n'était présente dans les frottis du produit commercial avant l'incubation dans les milieux de culture, et le rapport du nombre de spores au nombre de cristaux était de 1,0 d'après des dénombrements effectués sur 160 champs microscopiques de 16 frottis teints selon la méthode de Smirnoff (1962). Un rapport similaire a été signalé pour le Dipel commercial (Morris, 1977d). Le rapport du nombre de cellules végétatives au nombre de cristaux dans du Thuricide non traité, après culture pendant 24 heures, était de 4,61, signe d'une germination et d'une croissance notable. Les spores comptées au cours de ces épreuves étaient toutes des spores initialement introduites, étant donné que la sporulation des cellules végétatives de *B. thuringiensis* prend normalement de 3 à 4 jours d'incubation dans une culture liquide comparativement aux incubations de 24 heures que nous avons utilisées.

Les concentrations les plus élevées d'additifs utilisés au cours des tests principaux (tableau 2) étaient celles qui ont presque complètement inhibé la germination et la subdivision, comme le laissaient entendre les observations microscopiques préliminaires. Par exemple, l'EMCOL-AL3940 a complètement inhibé à 1 000 x 10^{-6} la croissance bactérienne en culture liquide, la croissance ayant été nulle après transfert sur milieu solide. Ce qui fait que pour le reste du test on a choisi la concentration de 100 x 10^{-6}. La plus forte concentration éprouvée toutefois était de 100 000 x 10^{-6} qui était considérée comme très au-delà des concentrations qui pourraient servir de façon opérationnelle.

Tous les additifs essayés ont notablement inhibé la subdivision bactérienne à 1 x 10^{-6} mais seuls l'EMCOL-AL6940 et H-500B, le TOXIMUL MP8, le SPONTO 541 et l'ATLOX 3490F ont inhibé de façon significative la germination des spores à la même concentration. Le SORPOL 3081 et le SPONTO 1362 ont inhibé la germination à 10 x 10^{-6} mais non à 1 x 10^{-6}. Ceci porte à croire à l'intervention d'un phénomène de stimulation de la

croissance, évoqué ci-dessus. A l'exception de ces deux composés, il y a généralement eu une tendance dose-réponse à l'intérieur des groupes de traitement pour les rapports du nombre de spores au nombre de crixtaux et du du nombre de cristaux au nombre de cellules. Il n'y a pas eu de réponse proportionnelle à la dose mesurable par le nombre de spores, de cristaux et de cellules, toutefois, étant donné que la quantité réelle de cultures utilizées pour les frottis a différé.

Même si les additifs avaient généralement un effet inhibiteur aux concentrations les plus élevées, il est évident que certains étaient relativement plus toxiques que les autres. Si l'on se fie aux concentrations totalement inhibitrices, les composés les plus bactériocides étaient le PENICK EM-2-7810RS, le SORPOL-3081 et le SPONTO-1362 qui étaient complètement inhibiteurs à 100×10^{-6}. Ensuite, le groupe le plus toxique comprenait l'EMCOL AL3940, l'EMCOL-N500B, le PENICK-EM-1-7809 RS, le SORPOL-SM 100S, le SORPOL-3082, le TOXIMUL-MP8, le SPONTO 541 et l'ATLOX-3409F. L'EMCOL-H44C et le SORPOL-2495G étaient les moins toxiques.

Les effets inhibiteurs observés n'étaient pas atribuables au pH des milieux de culture. On sait qu'entre 1 et 5 les pH des cultures bactériennes contenant des surfactifs anioniques ou cationiques peuvent causer la libération d'acide dipicolinique des spores, ce qui nuit à leur germination (Rode et Foster, 1960). Au cours de nos manipulations, toutefois, tous les pH se trouvaient dans l'intervalle de 5,5 - 7,1, qui se rapproche étroitement des fluctuations normales de pH (de 4,8 à la neutralité) observées au cours de la croissance exponentielle de *B.t.* dans des milieux simples semi-définis (Rogoff et Yousten, 1969). Dans ces conditions, le nombre de cristaux parasporaux ne devrait pas être non plus touché, car les cristaux ne sont solubles que dans des conditions très alcalines (Cooksey, 1971).

Les effets nuisibles des autres surfactifs sur les spores bactériennes ont déjà été observés. Rode et Foster (1960) signalent que les surfactifs cationiques et anioniques ont de façon marquée potentialisé la mort par la chaleur des spores de *B. mégathérium* et de *B. subtilis*. Le Tween 80, surfactif non toxique, a semblé à 0,05 %, accroître la perméabilité de la paroi des cellules végétatives microbiennes (Reese et Maguire, 1969), mais n'avait aucun effet nocif apparent sur la germination de *B. thuringiensis* var. *galleriae* ou sur ses cristaux parasporaux (Morris, 1975). Le Lovo 192 (stréarate d'amine), l'Igépal (nonyl-phénoxypolyoxyéthylène non ionique) et le Triton 1956B (résine alkydique) influeraient sur le taux de sporulation et sur la production de cristaux parasporaux chez *B. thuringiensis* var. *galleriae*, selon la composition du milieu de croissance et produiraient des changements fondamentaux dans le métabolisme des cellules végétatives (Morris, 1969).

Les différences de toxicité dans des groupes apparentés d'émulsifiants (par exemple, l'EMCOL et le SORPOL) sont probablement attribuable à la composition chimique de ces composés. Par exemple, le SORPOL 3082 contient du xylène dont on sait qu'il est bactériostatique. Ce composé est absent du SORPOL-2495G qui est considérablement moins

bactériostatique. Le solvant ATLOX 3409F (mélange anionique et non ionique d'éthers polyoxyéthyléniques du sulfonate de dodécylgenzène) à 100 x 10^{-6}, n'a influé au cours de nos essais que modérément sur les rapports spores/cristaux/cellules comparativement aux témoins correspondants (11/41/48 comparativement à 4/21/76). Toutefois, à la même concentration et au même d'incubation, l'ATLOX-8916 (solution polyoxyéthylénique d'esters d'un mélange d'acides gras et résiniques) a eu un effet très prononcé sur les rapports en question (2/98/9 comparativement à 14/29/57 (Morris 1975)).

Il est généralement reconnu que certains insectes nuisibles sont plus sensibles au complexe spores-cristaux de *B.t.* qu'à l'un ou l'aucre de ces constituants. Lorsque le rôle répondérant est dévolu aux spores, il incombe à l'utilisateur des produits commerciaux contenant du *B.t.* d'éviter l'ajout d'agents qui pourraient être nocifs aux bactéries, ce qui réduirait l'efficacité du produit. Les émulsifiants et les solvants dont nous avons parlé constituent ici des exemples d'additifs à éviter. Nos résultats confirment les conclusions antérieures de Morris (1975b, 1977c) selon lesquelles lorsqu'on choisi le *B.t.* pour la lutte contre les insectes nuisibles, il faudrait éviter d'utiliser des produits chimiques qui contiennet des surfactifs bactériostatiques et utiliser plutôt des préparations techniques qui en sont exemptes.

Acéphate

Parmi les 30 tests exécutés à 6 et à 24 h chacun (tableau 3), seule la réaction de Voges-Proskauer après 24 heures a mis en évidence une transformation physiologique en présence d'acéphate, ce qui a porté à croire que la bactérie avait perdu son aptitude à produire de l'acétyl-méthyl-carbinol. Toutefois, chez de nombreuses espèces, cette réaction de fermentation est variable et elle n'est pas considérée comme aussi significative du point de vue biochimique que le sont la fermentation de la salicine et du sucrose (Morris et Burges, 1965; Heimpel, 1967). A souligner que la souche *kurstaki* que nous avons utilisée n'a pas produit de réactions acides dans le galactose et le mannose mais en a produit dans la salicine. *B. thuringiensis* var. *galleriae* a produit des réactions opposées comme en témoignent des rapports antérieurs (Morris, 1969, 1972).

D'après les résultats exposés dans les tableaux, nous concluons que l'acéphate, à la concentration de 10 000 x 10^{-6}, n'aura aucun effet significatif sur les réactions physiologiques vitales de *B. thuringiensis*. Ceci confirme des données antérieures, publiées sur la compatibilité des deux agents pour la germination des spores bactériennes et la subdivision cellulaire de ces dernières.

RÉFÉRENCES

ALTAHTAWY, M.M. et I.M. ABALESS. 1972. Compatiblity of the bio-insecticide Thuricide 90TS Flowable with insecticides used in the chemical control of *Spodoptera littoralis* (Boisd.). Bull. Entomol. Soc. Egypt, Econ. Serv. VI:239-245.

BENZ, G. 1971. Synergism of microorganisms and chemical insecticides. *In* H.D. Burges and N.W. Hussey (Eds.), Microbial control of insects and mites, pp. 327-355. Academic Press, N.Y.

CHEN, K., B.R. FUNKE, J.T. SCHULZ, R.B. CARLSON et F.I. PROSHOLD. 1974. Effects of certain organophosphate and carbamate insecticides on *Bacillus thuringiensis*. J. Econ. Entomol. 67:471-273.

COOKSEY, K.E. 1971. The protein crystal toxin of *Bacillus thuringiensis:* Biochemistry and mode of action. *In* H.D. Burges and N.W. Hussey (Eds.), Microbial control of insects and mites, pp. 247-274. Academic Press, N.Y.

HEIMPEL, A.M. 1967. A taxonomic key proposed for the species of "crystalliferous bacteria". J. Invertebr. Pathol. 9:364-375.

JACQUES, R.P. et O.N. MORRIS. (in press). Integration: Compatibility of pathogens with other methods of pest control and with different crops. *In* H.D. Burges (Ed.), Microbial control of insects, mites and plant diseases: Vol. 2. Academic Press, N.Y. 36 ms. pp.

MORRIS, O.N. 1969. Susceptibility of several forest insects of British Columbia to commercially produced *Bacillus thuringiensis*. 1. Studies on the physiological properties of some commercial products. J. Invertebr. Pathol. 13:134-146.

MORRIS, O.N. 1972. Susceptibility of some forest insects to mixtures of commercial *Bacillus thuringiensis* and chemical insecticides, and sensitivity of the pathogen to the insecticides. Can. Ent. 104:1419-1425.

MORRIS, O.N. 1975a. Susceptibility of the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana,* and the white-marked tussock moth, *Orgyia leucostigmata,* to *Bacillus thuringiensis*--chemical insecticide combinations J. Invertebr. Pathol. 26:193-198.

MORRIS, O.N. 1975b. Effect of some chemical insecticides on the germination and replication of commercial *Bacillus thuringiensis*. J. Invertebr. Pathol. 26:199-204.

MORRIS, O.N. et J.A. ARMSTRONG. 1975. Preliminary field trials with *Bacillus thuringiensis*-chemical insecticide combinations on the intergrated control of the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae). Can. Ent. 107:1281-1288.

MORRIS, O.N. 1977a. Long-term study of the effectiveness of aerial application of *Bacillus thuringiensis* acephate combinations against the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae). Can. Ent. 109:1239-1248.

MORRIS, O.N. 1977b. Long-term effects of aerial applications of virus-fenitrothion combinations against the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae). Can. Ent. 109:9-14.

MORRIS, O.N. 1977c. Compatibility of 27 chemical insecticides with *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*. Can. Ent. 109:855-864.

MORRIS, O.N. 1977d. Relationship between microbial numbers and droplet size in aerial spray applications. Can. Ent. 109:1319-1323.

MORRIS, J.R. et H.D. Burges. 1965. The identification of *Bacillus thuringiensis*. Entomophaga 10:41-47.

RAO, M.V.R. et R.S. RANA. 1977. Interaction of *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* with commonly used chemical insecticides. Indian J. Microbial. 17:9-12.

REESE, E.T. et A. MAGUIRE. 1969. Surfactants as stimulants of enzyme production by microorganisms. Appl. Microbiol. 17:242-245.

RODE, L.J. et J.W. FOSTER. 1960. The action of surfactants on bacterial spores. Arch. Microbiol. 36:67-94.

ROGOFF, M.J. et A.A. YOUSTEN. 1969. *Bacillus thuringiensis:* Microbial considerations. Ann. Rev. Microbiol. 23:357-386.

VAIL, P.V., R.E. SEAY et J.DEBOLT. 1980. Microbial and chemical control of the cabbage looper on fall lettuce. J. Econ. Entomol. 73:72-75.

SMIRNOFF, W.A. 1962. A staining technique for differentiating spores, crystals and cells of *Bacillus thuringiensis*. J. Insect Pathol. 4:384-386.

SUTLER, G.R., A.D. ABRAHAMSON, E.W. HAMILTON et I.D. BRICK. 1971. Compatibility of *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* and chemical insecticides. 1. Effect of insecticides on bacterial replication rate. J. Econ. Entomol. 64:1348-1350.

Tableau 1

Composé	Nature chimique	Provenance
EMCOL-AL 3940	Ester d'acide gras de l'éthylène-glycol	McLaughlin Gormley King Co. U.S.A.
EMCOL-H 44C	Mélange de polyéthylène-glycolate d'acides gras du tall-oil et monoglycéride modifié	MGK Co. U.S.A.
EMCOL-M 5008	Mélange de sulfonates lipo-solubles et d'éthers polyéthylénique	MGK Co. U.S.A.
PENICK EM-1-7809RS	80 % de Triton X-180 et 20 % de Triton X-190	S.B. Penick Co. U.S.A.
PENICK EM-2-7810RS	80 % de Toximule D et 20 % de Toximule H	S.B. Penick Co. U.S.A.
SORPOL SM-100S	Mélange d'un éther polyoxyéthylène-octyl-phénylique, d'un polymère de cet éther, d'un dérivé polyoxyéthylénique d'acides gras et d'un alkylaryl-sulfonate	Sumitomo Chem. Co. Ltd. Japon
SORPOL 3081	Mélange d'un polymère séquencé à base de polyoxyéthylène et de polyoxypropylène, d'alkyl-aryl-éther polyoxyéthylénique et d'alkyl-aryl-sulfonate	Sumitomo Chem. Co. Ltd. Japon
SORPOL 3082	Mélange d'un polymère séquencé à base de polyoxyéthylène et de polyoxypropylène, d'alkylate de sorbitane, d'alkyl-aryl-sulfonate et de xylène	Sumitomo Chem. Co. Japon
SORPOL 2495C	Mélange d'un sulfate d'alkyl-aryl-éther polyoxyéthylénique et d'alkyl-aryl-sulfonate	Sumitomo Chem. Co. Japon
TOXIMUL MP8	Mélange d'émulsifiants anioniques (sulfonates) anionogènes et non ionogènes	Stephan Chem. Co. U.S.A.
SPONTO 541	NC	FMC Corp. U.S.A.
SPONTO 1362	NC	FMC Corp. U.S.A.
THFA (75-464) (Solvant)	Alcool tétrahydrofluoro-furylique	Chemagro Corp. U.S.A.
ATLOX 3409 F (Solvant)	Mélange anionique et non ionique de dodécyle-benzène-sulfonate et d'éthers d'éthers polyoxyéthylénique	Atlas Chem. Industries U.S.A.

NC: Non communiquée

Tableau 2

Adjuvants	Conc. (10^{-6})	pH des cultures à 0 et 24 h d'incubation	Nombre moyen par lamelle[2] ± Écart-type			Rapport Spores/ cristaux	Rapport médian Cellules/cristaux
			Spores	Cristaux	Cellules		
SORPOL-1081	1	5.8, 7.0	74 ± 22	204 ± 36	336 ± 31	0.22*	1.88*
	10	5.7, 7.1	39 ± 6	176 ± 16	270 ± 25	0.17*	1.56*
SORPOL 3082	1	5.9, 7.0	45 ± 10	196 ± 22	343 ± 40	0.10*	1.96*
	100	5.9, 6.9	46 ± 7	188 ± 22	112 ± 24	0.17*	0.43*
SORPOL 2495G	1	5.8, 6.9	31 ± 10	144 ± 21	197 ± 14	0.09*	1.53*
	100 000	5.9, 6.9	242 ± 35	374 ± 60	124 ± 25	0.63*	0.25*
TOXIMUL HP8	1	6.1, 6.9	85 ± 15	289 ± 59	544 ± 51	0.29*	2.29*
	100	6.0, 6.9	127 ± 16	282 ± 21	206 ± 18	0.42*	0.71*
SPONTO-541	1	5.7, 7.1	56 ± 10	167 ± 35	227 ± 31	0.33*	2.22*
	100	6.3, 6.9	50 ± 10	205 ± 26	209 ± 62	0.17*	0.56*
SPONTO-1362	1	5.7, 7.0	86 ± 14	169 ± 19	213 ± 27	0.38*	1.33*
	10	5.7, 7.0	46 ± 13	131 ± 17	190 ± 28	0.13*	1.85*
EMCOL-AL6940	1	5.9, 7.1	49 ± 9	205 ± 25	181 ± 23	0.21*	0.89*
	100	5.8, 7.1	72 ± 12	213 ± 27	222 ± 28	0.29*	0.95*
EMCOL-H44C	1	6.0, 7.0	42 ± 15	167 ± 29	310 ± 27	0.09*	2.13*
	100 000	AD	43 ± 7	187 ± 28	312 ± 34	0.19*	1.22*
EMCOL-H5008	1	5.7, 7.1	68 ± 17	234 ± 22	345 ± 43	0.16*	1.36*
	100	6.3, 6.9	53 ± 5	270 ± 29	91 ± 28	0.17*	0.08*
PENICK-PHI-7809RS	1	5.8, 7.0	36 ± 11	175 ± 30	215 ± 32	0.07*	1.11*
	100	5.8, 7.0	57 ± 12	273 ± 41	69 ± 24	0.15*	0.06*
PENICK-PH2-7810RS	1	5.6, 6.9	39 ± 9	228 ± 33	190 ± 25	0.09*	0.94*
	10	5.5, 7.0	45 ± 9	178 ± 27	229 ± 23	0.20*	1.27*
SORPOL-SH100S	1	5.8, 6.9	65 ± 20	192 ± 26	233 ± 24	0.14*	1.25*
	100	5.6, 7.0	28 ± 4	272 ± 20	184 ± 37	0.08*	0.70*
TNFA (75-464)	1	6.0, 6.9	28 ± 7	220 ± 40	272 ± 47	0.08*	1.80*
	10 000	5.7, 7.0	49 ± 9	197 ± 27	206 ± 38	0.21*	1.15*
ATLOX 3409F	1	6.1, 6.9	106 ± 26	344 ± 32	620 ± 36	0.15*	1.87*
	100	AD , 6.9	147 ± 21	519 ± 30	625 ± 48	0.19*	1.13*
Ensemble des tests	-	6.1, 6.9	18 ± 4	98 ± 11	358 ± 21	0.11	4.61

[1]Cultivé dans un bouillon trypticase-soja. Échantillon quadruple AD: Aucune donnée recueillie, par erreur

[2]Dix champs microscopiques par lamelle

* Les rapports suivis d'un astérixe diffèrent de façon significative des rapports correspondants dans les cultures témoins (tests de Mann-Whitney)

Tableau 3

TEST	BACTÉRIES TÉMOINS	BACTÉRIES TRAITÉES
Arabinose	O	O
Cellobiose	A	A^3
Dulcitol	O	O
Fructose	A	A
Galactose	O	O
Glucose	A	A
Inositol	O	O
Inuline	O	O
Lactose	O	O
Maltose	A	A
Mannose	O	O
Melibiose	O	O
Raffinose	O	O
Rhamnose	O	O
Ribose	A^2	A^2
Salicine	A	A
Sorbitol	O	O
Sorbose	O	O
Sucrose	A^5	A^5
Tréhalose	A	A
Xylose	O	O
Amsculine	A	A
Indole	+	+
Liquéfaction de la gélatine	-	-
Lait tourne olé	Peptonisation avec une surface alkaline	Peptonisation avec une surface alkaline
Rouge de méthyle	+	-
Voges-Proskauer	+	+
Réduction des nitrates (dextrose)	+	+
Hydrolyse de l'amidon	+	+

[1]Aucune différence entre les bactéries témoins et traitées après 6 h

O: aucune variation (alkaline); A^3: production d'acide après 3 jours;

+: réaction positive; - réaction négative